Bakterienlicht und photographische Platte

von

Hans Molisch,

k. M. k. Akad.

Aus dem pflanzenphysiologischen Institute der k. k. deutschen Universität in Prag. Nr. 57 der 2. Folge.

(Mit 3 Tafeln.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 12. März 1903.)

Versuche, im Bakterienlichte zu photographieren, wurden bereits von verschiedener Seite unternommen und zwar mit positivem Resultate.

Zunächst ist es nach einer Mitteilung von J. Forster[1] van Haren-Noman gelungen, von Platten und Strichkulturen der Leuchtbakterien nach mehrstündiger Exposition sehr deutliche Bilder zu bekommen.

B. Fischer[2] konnte ebenfalls mit Kulturen von drei verschiedenen Leuchtbakterien gute Bilder erhalten, doch waren hiezu recht intensiv leuchtende Kulturen, sehr empfindliche Trockenplatten und eine lange Belichtung (12 bis 36 Stunden) erforderlich. Die Photographien ließen nicht bloß die Kulturen, sondern auch die Umrisse der Reagensröhrchen und der Doppelschalen erkennen. An der Photographie eines leuchtenden Härings konnten die einzelnen Schuppen des Körpers deutlich gesehen werden. Eine Taschenuhr, mit zwei Strichkulturen beleuchtet, gab eine Photographie, auf welcher man die Stellung der Zeiger gut ablesen konnte.

---

[1] Forster J., Über einige Eigenschaften leuchtender Bakterien. Zentralbl. für Bakteriologie u. s. w., Bd. II, S. 337.

[2] Fischer B., ebenda, II. Jahrg., 1888, III. Bd., S. 140 und IV. Bd., S. 89.

Ganz vorzügliche Resultate erzielte R. Dubois bei seinen Experimenten über das Photographieren im Bakterienlichte. Nachdem er schon im Jahre 1886 mit Hilfe leuchtender Insekten [1] Photographien von den Büsten Claude Bernard's und P. Pert's hergestellt hatte, gelang es ihm auch scharfe Bilder im Bakterienlichte zu erhalten.[2] Er umgab die Büste Claude Bernard's mit 13 leuchtenden Kolben, exponierte durch einige Stunden die photographische Platte und erhielt ein gelungenes Bild, welches die Leuchtgefäße und die Büste scharf hervortreten ließ.

Er konstruierte auch eine sogenannte lebende Lampe, bestehend aus einem metallischen Träger für ein großes flaches Glasgefäß, das oben und seitlich je ein Ansatzrohr mit Öffnung hatte. Die Öffnungen waren mit einem Baumwollpfropf verschlossen, so daß die Luft beim Durchzug filtrieren konnte. Eine mit der seitlichen Rohröffnung durch einen Schlauch in Verbindung stehende Kautschukbirne gestattete das Einblasen von Luft, wodurch die Kulturbouillon reichlich mit Sauerstoff versehen und zu hellerem Aufleuchten gebracht wurde. Die obere Glaswand der Lampe war mit Zinnfolie bedeckt, die als Reflektor diente. Im Lichte einer solchen Lampe konnte Dubois groben Druck gut photographieren.

Hübsche Photographien von leuchtenden Strich- und Plattenkulturen sowie von einem mit leuchtender Bouillon erfüllten Glaskolben verdanken wir Barnard.[3]

Im folgenden seien einige Erfahrungen wiedergegeben, die ich selbst über das Photographieren im Bakterienlicht gemacht habe.

Bei meinen zahlreichen Versuchen, von denen ich nur einige wenige hier namhaft machen will, leistete mir ein Zeiss'sches Objektiv und zwar das Unar mit relativer Öffnung 1:5 und 210 *mm* äqu. Brennweite ausgezeichnete Dienste. Wegen der relativ geringen Lichtintensität des Bakterienlichtes mußte ein sehr lichtstarkes Objektiv verwendet werden, das

---

[1] Dubois R., Les élatérides lumineux. Paris 1886.

[2] Dubois R., Das kalte Licht. Umschau 1901, S. 221 bis 224.

[3] Barnard J. E., Luminous Bacteria. Nature, 1902, p. 536.

gleichzeitig eine starke Annäherung an den Gegenstand gestattete. Beiden Forderungen entsprach das Unar von Zeiss in vortrefflicher Weise.

Es sei noch bemerkt, daß alle photographischen Versuche in einer nach jeder Richtung hin exakt eingerichteten Dunkelkammer durchgeführt wurden. Sie war absolut lichtdicht und an der ganzen inneren Oberfläche matt geschwärzt. Zur Verwendung gelangten Schleussner's Gelatine-Emulsionsplatten 9×12. Als Lichtquelle diente das Licht von *Micrococcus phosphoreus*[1] Cohn, rein gezüchtet auf Salzpeptongelatine.

1. Photographien von Bakterien in ihrem eigenen Lichte.

Fig. 1 stellt eine Photographie einer Petrischale mit 6 Tage alten, prachtvoll leuchtenden Kolonien des *Micrococcus phosphoreus* dar. Der Deckel der Petrischale war ersetzt durch eine plane Glasscheibe. Die Kolonien waren auf der Visierscheibe der Kamera bei scharfer Einstellung deutlich zu sehen. Die Expositionszeit betrug 15 Stunden. Wie die Photographie zeigt, erscheinen nicht bloß die Kolonien mit aller nur wünschenswerten Schärfe, sondern auch die Umrisse der Petrischale. Wenn diese sichtbar werden soll, muß man für einen hellen Hintergrund der Schale sorgen. Zu diesem Zwecke stellte ich die Petrischale in ein kleines, aufrecht stehendes Kästchen, dessen offene innere Oberfläche ganz mit weißem Papier ausgeklebt war. Hiedurch wird, weil das Bakterienlicht nicht frei in den finsteren Raum der Dunkelkammer ausstrahlen kann und von den weißen Wänden des Kästchens auf das Kulturgefäß reflektiert wird, in der Umgebung der Schale eine große Helligkeit erzielt, es entstehen Spiegelungen und Reflexe und so werden die Umrisse der Petrischale markiert.

Bei genauer Betrachtung der Kolonien wird man Lichthöfe um dieselben bemerken. Diese letzteren könnten vielleicht den Gedanken erwecken, daß nicht bloß die Kolonien leuchten, sondern daß diese durch Ausscheidung einer bestimmten

---

[1] Über die Biologie dieser Bakterie und über die Art und Weise, wie man sich dieselbe jederzeit leicht verschaffen kann, vergleiche man meine Abhandlung: »Über das Leuchten des Fleisches, insbesondere toter Schlachttiere«, Botan. Zeitung, 1903, Heft I.

Substanz auch ihre nächste Umgebung leuchtend machen. Eine derartige Vermutung ist jedoch abzuweisen, denn man kann sich leicht überzeugen, daß die Lichthöfe durch den Reflex des weißen Papiers hervorgerufen werden. Stellt man im Finstern eine Petrischale mit leuchtenden Kolonien zur Hälfte auf weißes, zur Hälfte auf schwarzes Papier und betrachtet man sie mit wohl ausgeruhtem Auge, so sieht man bei den über dem weißen Papier befindlichen Kolonien deutliche Lichthöfe, bei den anderen aber nicht. Die Lichthöfe kommen also durch Lichtreflex zustande.

Fig. 2 stellt dieselbe Photographie dar, aber nach nur dreistündiger Expositionszeit. Die Lichthöfe sind hier viel schwächer, fast kaum zu sehen, aber die Kolonien lassen an Schärfe nichts zu wünschen übrig.

Ich bemerke übrigens, daß schon eine Expositionszeit von 5 Minuten genügt, damit sich die Kolonien photographieren. Bei solchen Bildern mit relativ kurzen Expositionszeiten erscheinen die Kolonien nicht als gleichmäßig helle Scheiben, sondern gewissermaßen als Ringe oder, genauer gesagt, als Scheiben, deren Umfang viel heller ist als das Innere. Dies kommt daher, weil die Kolonien an ihrer Peripherie, wo die Vermehrung und das Wachstum der Bakterien vorwiegend stattfindet, und die Lebensenergie der jungen Bakterien eine viel größere ist als im Inneren, stärker leuchten. Bei alten, groß gewordenen Kolonien sieht man dies mit freiem Auge direkt, junge Kolonien hingegen erscheinen dem Auge längs ihrer ganzen Ausbreitung gleich hell; daß hier der Rand auch stärker leuchtet, das zeigt uns erst die Photographie, z. B. die in Fig. 3, welche eine 10 Tage alte Kolonie von *Micrococcus phosphoreus* im vergrößerten Maßstabe darstellt.

Sehr leicht ist es, Strichkulturen im Eigenlichte zu photographieren, schon nach $^1/_4$ Stunde erhält man davon ein deutliches Bild. Soll aber im Bilde auch die Eprouvette mit dem Baumwollpfropf erscheinen, so muß für einen weißen Hintergrund gesorgt werden und der Pfropf muß mit Leuchtbakterien getränkt werden. Um die Lichthöfe um die Eprouvette zu vermeiden, empfiehlt es sich, die Rückseite der Platten mit Solarin zu bestreichen.

Die Fig. 4 zeigt eine gelungene Photographie einer Strichkultur nach sechsstündiger Belichtung.

2. Eine neue Bakterienlampe.

(Fig. 5.)

Die im Vorhergehenden gewonnenen Photographien lassen an Schärfe und Deutlichkeit für unsere Zwecke nichts zu wünschen übrig. Will man jedoch mittelst leuchtender Bakterien andere Gegenstände photographieren, so genügen einzelne Strich- und Plattenkulturen nicht, da die Intensität ihres Lichtes eine zu geringe ist. Zwar könnte man durch Aufstellung einer sehr großen Zahl von Strichkulturen auch zum Ziele gelangen, allein dies wäre doch zu umständlich. Es hat daher schon Dubois diesem Übelstande durch Konstruktion einer sogenannten lebenden Lampe abzuhelfen gesucht, wie ich bereits früher hervorgehoben habe. Diese Lampe erstrahlte aber ihrer Einrichtung nach nur kurze Zeit in stärkerem Lichte, nämlich wenn in die Kulturflüssigkeit Luft eingeblasen wurde. Da nun in einer Flüssigkeit der zugeführte Sauerstoff nach kurzer Zeit wieder aufgebraucht wird, so erlischt das Licht alsbald, nur die oberste Schichte bleibt in Berührung mit der atmosphärischen Luft leuchtend. Für photographische Zwecke mit langer Expositionsdauer muß es aber wünschenswert sein, eine Lampe mit andauernd intensivem Lichte zu besitzen.[1] Das starke, von *Micrococcus phosphoreus* ausstrahlende Licht, welches stärker und anhaltender ist als das aller von mir untersuchten Meeresbakterien, ermunterte mich, eine Bakterienlampe zu gewinnen, und nach mehrfachem Herumprobieren gelang es mir, eine Lampe zu erzielen, die meinen Ansprüchen vollkommen entsprach. Um eine solche Lampe zu machen, verfuhr ich in folgender Weise.

Ein 1 bis 2 Liter-Erlenmeyerkolben aus Glas wird mit etwa 200 bis 400 cm^3 Salzpeptongelatine beschickt, mit einem

[1] Während der Druckkorrektur hatte Herr Prof. Dubois die Güte, mich darauf aufmerksam zu machen, daß er neben seiner oben geschilderten Lampe zur Beleuchtung auch schon Glasgefäße verwendete, die an der Innenseite mit Gelatine und Leuchtbakterien ausgekleidet waren, die also auch eine andauernde Beleuchtung gestatteten. La Nature, 1901, p. 293.

Baumwollpfropf verschlossen und dann sterilisiert. Nach Abkühlung, und bevor die Gelatine wieder erstarrt, wird mit einer jungen, gut leuchtenden Kultur von *Micrococcus phosphoreus* mittelst einer Platinnadel geimpft und der Kolben dann in horizontaler Lage und unter langsamer Drehung im Strahle eines Wasserleitungshahnes gekühlt, wobei die Gelatine an der ganzen inneren Oberfläche nach wenigen Minuten erstarrt. Der ganze Kolben ist dann mit einer mehr minder dicken Gelatineschichte allseits ausgekleidet, auch der Pfropf kann mit Gelatine getränkt werden, da er ganz besonders schön leuchtet. Nun stellt man den Kolben in ein kühles Zimmer. Schon nach 1 bis 2 Tagen entwickeln sich längs der ganzen Ausdehnung der Innenwand die Kolonien, der Kolben leuchtet dann in wunderschönem bläulichgrünen Lichte und bietet mit seinem ruhigen matten Glanze einen herrlichen Anblick.

Die Fig. 5 stellt eine Photographie meiner Bakterienlampe in ihrem eigenem Lichte dar. Der Kolbenhals erscheint mit Ausnahme seines Randes dunkel, weil der vorhandene Baumwollpfropf nicht leuchtete. Die ganze Innenwand zeigt die leuchtenden Kolonien bei genauer Betrachtung als kleine Ringe, weil der Rand der Kolonien stärker leuchtet als ihr Inneres. Die Exposition betrug in diesem Falle 12 Stunden, es sei jedoch bemerkt, daß schon nach $^1/_4$ Stunde Exposition die Umrisse der Lampe samt den Kolonien deutlich auf dem Negativ zum Vorschein kommen.

Meine Lampe hat, wenn sie in kühlem Raume bei etwa 10° C. aufbewahrt wird, die ausgezeichnete Eigenschaft, durch etwa 14 Tage relativ intensiv und später mit abnehmender Helligkeit zu leuchten. Ihr Licht gestattet, die Taschenuhr, das Thermometer abzulesen, groben Druck zu entziffern, das Gesicht einer Person auf 1 bis 2 *m* zu erkennen. Als ich in finsterer Nacht die Lampe auf ihre Helligkeit in einem Garten prüfte, konnte ich ihr Licht noch auf 64 Schritte deutlich wahrnehmen. Man kann die Lampe als Nachtlampe benützen, um Gegenstände im finsteren Zimmer zu finden, wie denn überhaupt die große Billigkeit, die lange ununterbrochene Leuchtdauer, die Geruchlosigkeit und die Gefahrlosigkeit dieses kalten Lichtes den Gedanken näher rücken, daß das Bakterien-

licht einmal auch eine praktische Bedeutung gewinnen dürfte, ähnlich wie dies ja bei manchen tropischen leuchtenden Käfern schon lange der Fall ist.

Gewisse Elateriden, die A. v. Humboldt bei Trinidad auf Cuba traf und die die Spanier Cucujos nennen, dienen in den Hütten armer Landleute als Leuchte. »Zirka ein Dutzend Cucujos in einer durchlöcherten Kürbisflasche dienen in Hütten armer Landleute als Nachtlampen, und wird das Licht schwächer, so darf man nur rütteln, wo durch das Irritieren der Tiere das Licht wieder weit stärker wird.« A. v. Humboldt erzählt, daß die Mütter dieses Licht benützen, um den Kindern zur Nachtzeit die Brust zu reichen; ferner verbieten oft die Kapitäne der Schiffe, ein anderes Licht außer der Elaterbeleuchtung des Nachts zu gebrauchen, um von den gefürchteten Corsaren nicht beobachtet zu werden. Humboldt selbst benützte auch diese Beleuchtung bei seinem Besuche der Luftvulkane von Turbaco, um eine Entzündung der brennbaren Gase zu vermeiden.[1]

Schon auf Grund seiner Versuche mit leuchtendem Holz und leuchtenden Fischen kam Heller zu der Überzeugung, daß das Licht von Lebewesen auch für das praktische Leben von Wichtigkeit werden könnte, z. B. zur Beleuchtung von solchen Räumen, wo eine sehr mäßige, aber ununterbrochene Beleuchtung erforderlich ist oder wo eine mit Wärmeentwicklung verbundene Beleuchtung auszuschließen wäre, wie in Pulvermühlen, Pulvermagazinen, in Kohlenbergwerken wegen der schlagenden Wetter und auf Schiffen. An den Seeküsten machen die Fischer von leuchtenden Seefischen schon lange Gebrauch zum Fangen von Seekrebsen, Hummern und Krabben. Sie legen frisch getötete, abgezogene Seefische etwa 24 Stunden an die Luft, gewöhnlich in den Schiffsraum, und bringen dann in jeden Korb einen leuchtenden Seefisch, um ihn dann als leuchtenden Köder ins Meer zu versenken.

Jetzt, wo wir das Bakterienlicht in Form einer viel intensiver leuchtenden Lampe verwenden können, hat eine praktische

---

[1] Zitiert nach J. F. Heller, Über das Leuchten im Pflanzen- und Tierreiche. Archiv für physiolog. und pathologische Chemie und Mikroskopie etc. Neue Folge. Jahrg. 1853 und 1854, S. 204, Wien.

Verwertung des »lebenden« Lichtes noch mehr Aussicht auf Erfolg und ich zweifle nicht, daß beim Fischfang im Meere meine Bakterienlampe mit Erfolg wird benützt werden können.

3. Photographien von Gegenständen im Bakterienlichte.

Mit der Schaffung einer guten und andauernden Bakterienlampe war auch die Möglichkeit gegeben, in bequemer Weise andere Gegenstände als die leuchtenden Bakterien selbst zu photographieren. Ich verfuhr dabei in folgender Weise:

Eine 60 *cm* hohe und 60 *cm* breite Holzkiste ohne Deckel wurde in der Dunkelkammer aufrecht auf den Tisch aufgestellt, nachdem ihre Innenwand mit weißem Papier vollständig ausgekleidet worden war. In dieser Kiste wurden neun gut leuchtende Bakterienlampen (zu je 1 *l* Volum) untergebracht und zwar wurden sechs an dem oberen Kistendeckel aufgehängt und drei seitlich horizontal gelegt, um das Objekt namentlich von oben und von einer Seite zu beleuchten. An die Rückwand kam der zu photographierende Gegenstand zu stehen. In dieser Kiste herrschte für das ausgeruhte Auge ein Licht, das mit seinem weichen und milden Ton am besten mit dem einer hellen Vollmondnacht zu vergleichen war.

Mit Hilfe des eben beschriebenen Arrangements wurden folgende Gegenstände im Bakterienlichte photographiert:

Die Fig. 6 stellt eine Photographie einer aus weißem Porzellan bestehenden Schiller-Büste dar nach 15 stündiger Expositionszeit;

Fig. 7 eine Thermometerphotographie nach 14 stündiger Belichtung. Das Bild erscheint so scharf, daß man bequem die Ziffern und Buchstaben, ja sogar den Quecksilberstand an der Millimeterskala ablesen kann.

Fig. 8 zeigt die Photographie einer Buchdruckprobe nach 12 stündiger Belichtung.

Bei den eben beschriebenen Photographien wirkte, um möglichst scharfe Bilder zu erzielen, eine sehr lange Belichtung ein, doch muß hinzugefügt werden, daß unscharfe Bilder schon nach $^1/_4$ bis 1 Stunde gewonnen werden können. Daß

das Bakterienlicht aber unter bestimmten Verhältnissen die photographische Platte schon nach sehr kurzer Zeit beeinflussen kann, davon kann man sich leicht überzeugen, wenn man eine gut leuchtende Strichkultur auf einen undurchsichtigen, mit kreisförmigen Ausschnitten versehenen Karton, der eine lichtempfindliche Platte bedeckt, direckt auflegt. In der Fig. 9 ist die Wirkung des Bakterienlichtes nach einer Belichtung von 60, 30, 10, 5, 3 und 1 Sekunde an den kreisförmigen Ausschnitten zu sehen. Dieses Bild liefert den Beweis, daß das Bakterienlicht schon nach einer Sekunde eine deutliche Schwärzung hervorrufen kann. Auf diese Weise wäre es möglich, die Intensität der photographisch wirksamen Strahlen des Bakterienlichtes bei verschiedenen Arten von Photobakterien messend zu vergleichen.

4. Über die angebliche Durchlässigkeit undurchsichtiger Körper für Bakterienlicht nebst Bemerkungen über das Johanniskäferlicht.

In einer Zeit, da die Röntgen- und Becquerelstrahlen und eine Reihe von radioaktiven Elementen entdeckt worden sind, die durch undurchsichtige Körper hindurch auf die photographische Platte einwirken, hat man sich begreiflicherweise auch gefragt, ob nicht auch von Lebewesen ausstrahlendes Licht analoge Wirkungen auszuüben imstande wäre. Mit einer gewissen Leidenschaftlichkeit wurde förmlich Jagd gemacht auf geheimnisvolle Strahlen; sogar im gewöhnlichen Sonnenlicht oder dem einer Petroleumflamme wollte Le Bon[1] gewisse Strahlen, das »schwarze Licht«, entdeckt haben, welches durch opake Körper hindurch auf die photographische Platte wirkt. Allein durch die Untersuchungen verschiedener Forscher und insbesondere von d'Arsonval[2] wurde gezeigt, daß es sich in den Versuchen von Le Bon nicht um »schwarzes Licht« handle, sondern um eine Art Nachleuchten, und daß die

[1] Gustave Le Bon, La lumière noire. Comptes rendus, CXXII. T. 1896, p. 188, 233, 386, 462, 522 et 1054.

[2] A. d'Arsonval, Observations au sujet de la photographie à travers les corps opaques. Ebenda, S. 500.

fluoreszierenden Körper, namentlich die gelbgrün leuchtenden Gläser, Strahlen auszusenden vermögen, die dunkle Körper ähnlich wie die Röntgenstrahlen zu durchdringen vermögen.

Für uns von ganz besonderem Interesse ist die Behauptung Dubois' vom Bakterienlichte: »Seine Durchdringungskraft ist dagegen ähnlich den Röntgenstrahlen sehr erheblich, indem undurchsichtige Körper, wie z. B. Holz, Karton etc., kein Hindernis für die Erzeugung eines Bildes sind; dagegen vermag es auch das dünnste Aluminiumblättchen nicht zu durchdringen«.[1] Auf Grund welcher Versuche der genannte französische Forscher zu diesem höchst auffallenden Resultate gekommen ist und wo dieselben veröffentlicht worden sind, vermochte ich nicht ausfindig zu machen.

Die angeführte Behauptung Dubois' schien mir um so mehr einer Nachprüfung wert, weil Suchsland[2] schon früher das Gegenteil behauptet hatte, nämlich daß das Licht von *Bacterium phosphorescens* für undurchsichtige Körper undurchdringlich sei und weil auch bezüglich des Johanniskäferlichtes in seiner Beziehung zur photographischen Platte ganz merkwürdige und völlig rätselhafte Angaben gemacht worden sind.

Der japanische Physiker Muraoka[3] legte Kupfer-, Aluminium-, Zink- und Messingplatten von gleicher Größe auf eine photographische Platte nebeneinander und zwischen die Platte und Metallplatten, um eine direkte Berührung der empfindlichen Schichte mit den Metallplatten zu verhindern, je eine Kartonunterlage, welche in der Mitte einen kreisförmigen Ausschnitt hatte. Sodann wurde das Ganze mit schwarzem Papier dreibis viermal umwickelt und auf den Boden eines flachen Kistchens gelegt. In das Kistchen brachte er schließlich etwa 300 Johanniskäfer, deren Wegfliegen durch ein Hanfnetz verhindert wurde.

---

[1] Dubois R., Das kalte Licht. »Die Umschau«, 1901, S. 223.

[2] Suchsland E., Physikalische Studien über Leuchtbakterien. Sonderabdruck aus der Festschrift der Latina zur 200jährigen Jubelfeier der Frankeschen Stiftungen und der lateinischen Hauptschule. Halle 1898. Ein Referat darüber im Zentralblatt für Bakteriologie etc., 2. Abt., IV, S. 715.

[3] Muraoka H., Das Johanniskäferlicht. Wiedemann's Annalen der Physik und Chemie, Bd. 59 der neuen Folge (1896), S. 773.

Die Versuche liefen in einem guten photographischen Zimmer ab und währten zwei Nächte, wobei jedoch zu bemerken ist, daß die Käfer nur von etwa 6 Uhr abends bis 11 Uhr nachts leuchten. Er wollte mit diesem Versuche eruieren, ob die Käferstrahlen durch schwarzes Papier und die Metallplatten überhaupt hindurchgehen und auf die photographische Platte wirken und, wenn dies zutreffen sollte, ob sich die verschiedenen Metalle nicht als in verschiedenem Grade durchlässig erweisen würden.

Zu seiner großen Überraschung fand nun Muraoka, daß nicht die ausgeschnittenen Stellen des Kartons geschwärzt waren, sondern ganz gegen alle Erwartung die von dem Karton unmittelbar berührten Stellen der photographischen Platte. Die den Ausschnitten entsprechenden Stellen blieben im Negativ hell! Muraoka nennt diesen Versuch das »Saugphänomen«. Wurde derselbe Versuch aber ohne Metall ausgeführt, so daß eine Kartonscheibe mit Ausschnitt allein auf die photographische Platte zu liegen kam, so zeigte sich die Ausschnittstelle ganz schwarz und die vom Karton berührte Fläche nur wenig angegriffen. »Es scheint also«, so meint der Verfasser nach Ausführung dieser und einiger anderer Experimente, »für den Eintritt des Saugphänomens notwendig zu sein, daß die Kartonscheibe mit Ausschnitt direkt auf die photographische Platte zu liegen kommt und darauf eine Metall- oder Kartonplatte gelegt wird, welche die durch mehrere Schichten von schwarzem Papier filtrierten Käferstrahlen noch einmal filtriert.« Nach diesen ebenso merkwürdigen wie rätselhaften Befunden mußte es gewiß verlockend erscheinen, nachzusehen, ob, wie Dubois angibt, Bakterienlicht durch undurchsichtige Körper hindurch auf die photographische Platte wirkt und ob, wie Muraoka für das Käferlicht gefunden haben will, das Bakterienlicht nach der Filtration mittels schwarzem Papier, Metallen oder Karton nicht analoge Erscheinungen darbietet.

Daß das Bakterienlicht bei direkter Einwirkung auf die photographische Platte wie Tageslicht einwirkt, darüber kann kein Zweifel sein; dies lehren, wie wir gesehen haben, die einschlägigen Versuche. Wie aber verhält es sich mit der Durchdringung opaker Körper?

Um diese Frage zu lösen, wurden empfindliche photographische Trockenplatten (Schleussner's Gelatine-Emulsionsplatten) zunächst mit schwarzem Papier mindestens zweimal umwickelt, in ein schwarzes, nach oben offenes Schächtelchen gelegt und darauf eine stark leuchtende Bakterienlampe von 1 *l* Volum gestellt. Das Ganze wurde in der Dunkelkammer noch mit einem schwarzen Pappsturz bedeckt. Bei einer Expositionszeit von mehreren Tagen erwies sich das schwarze Papier als undurchlässig. Wurde hierauf in das Papier ein kreisförmiger Ausschnitt gemacht, so daß das Bakterienlicht innerhalb des ausgeschnittenen Feldes direkt auf die Platte wirkte, so wurde der Ausschnitt bei der Entwicklung vollständig geschwärzt, und hiezu genügten Bruchteile einer Minute.

In ganz derselben Weise wurden Versuche mit anderen undurchsichtigen Körpern gemacht. Ich verwendete zunächst einen grauen Karton (Pappendeckel) von 1 bis 2 *mm* Dicke. Um seitliches Licht abzuhalten, gab ich die empfindliche Platte in eine der gewöhnlichen Blechschablonen, wie sie bei photographischen Aufnahmen verwendet werden, legte auf die empfindliche Schichte den Karton und darauf kam die Bakterienlampe. Anstatt dieser benützte ich, um dem Einwand zu begegnen, daß möglicherweise das von den Bakterien ausstrahlende ultraviolette Licht von der Glaswand der Lampe absorbiert werden könnte, auch mit Strichkulturen versehene, unbedeckte Petrischalen, die mit der offenen Seite auf den undurchsichtigen Körper so aufgelegt wurden, daß das Licht, ohne Glas und Gelatine passieren zu müssen, direkt in den Karton eindringen konnte.

Auch in diesen Versuchen blieb die Schwärzung aus, der verwendete Karton erwies sich also für das Bakterienlicht ebenfalls impermeabel.

Platten von Zinn 0·8 *mm*, Aluminium 0·5 *mm* und Kupfer 0·7 *mm* Dicke verhielten sich ebenso.

Diese Befunde stehen in Gegensatz zu den vorhin zitierten Angaben von Dubois. Es blieb also noch übrig, diesen Widerspruch zu erklären. Aus diesem Grunde machte ich, um nicht etwa dem um die Lehre von der Lichtentwicklung der Lebe-

wesen verdienten französischen Forscher unberechtigterweise zu widersprechen, unter peinlicher Beachtung verschiedener Vorsichtsmaßregeln weitere Versuche. Zunächst arbeitete ich mit noch intensiveren Lichtquellen. Ich verwendete 2 bis 9 meiner großen Bakterienlampen, ohne aber ein anderes Resultat zu erzielen. Sodann arbeitete ich mit verschiedenen Arten von undurchsichtigen Kartons und bekam dabei sehr ungleiche und verwirrende Resultate. Schließlich stellte sich heraus, daß bei Verwendung gewisser Kartons, besonders bei Benützung eines gelbbraunen Pappdeckels, regelmäßig eine Schwärzung eintrat und schon glaubte ich, Dubois recht geben zu müssen, als ich durch Kontrollversuche fand, daß diese Schwärzung mit dem Bakterienlichte gar nichts zu tun hat, sondern auch ohne dieses eintritt, einfach durch Auflegen des gelben Kartons auf die empfindliche Schichte. Im weiteren Verfolg dieser Tatsache zeigte sich, daß mäßige Feuchtigkeit und Wärme die Einwirkung des Kartons in hohem Grade zu verstärken vermögen. Wenn man einen derartigen Karton auf mehrere Stunden in einen feuchten Raum bringt, dann auf die empfindliche Schichte einer photographische Platte legt, das Ganze mehrmals mit schwarzem Papier umwickelt und bei 25 bis 30° etwa 15 Stunden im finsteren Thermostaten liegen läßt, so wird die Platte, soweit sie mit dem Karton in unmittelbarer Berührung war, bei der Entwicklung intensiv geschwärzt.[1]

Unter diesen Verhältnissen verhalten sich verschiedene Kartons graduell verschieden, manche wirken auf das Bromsilber ausgezeichnet ein, manche wenig, manche wieder fast gar nicht. Im allgemeinen wirken nach meinen Beobachtungen die grauen Kartons schwach, die gelbbraunen stark. Analoges gilt von verschiedenen Papieren und von Metallen, die durch die Atmosphärilien angegriffen worden waren.

---

[1] Bei den im Handel vorkommenden Platten ist es, um eine Berührung der übereinander geschichteten Platten zu verhindern, vielfach üblich, kleine Kartonstückchen dazwischen zu legen. Bei der Entwicklung derartiger Platten stellt sich an den Stellen, wo das Kartonstückchen lag, gleichfalls eine seiner Gestalt genau entsprechende Schwärzung ein, welche das Negativ verunstaltet. Von der Verwendung solcher Kartons als Zwischenlage muß daher nachdrücklichst abgeraten werden.

Eine zweite Ursache der Täuschung kann in der allzu langen Entwicklung der Negative liegen, bei welcher bekanntlich je nach der Natur des verwendeten Entwicklers eine mehr minder starke Schleierung oder Schwärzung eintritt — ebenfalls ganz unabhängig von der Beleuchtung. Bei Nichtbeachtung dieser Erfahrung und bei Mangel von Kontrollversuchen könnte man geneigt sein, die auftretende Schwärzung auf eine Lichtwirkung zurückzuführen.

Halte ich mir diese möglichen Fehlerquellen sowie noch eine Reihe anderer Umstände, die beim Photographieren irreführen können,[1] vor Augen, so komme ich mit Rücksicht auf die Resultate meiner Versuche zu dem Schlusse, daß das Bakterienlicht die photographische Platte wie gewöhnliches Tageslicht beeinflußt und daß jenes ebensowenig wie dieses undurchsichtige Körper zu durchdringen vermag. Meine an Kartons gemachten Erfahrungen werfen aber gleichzeitig ein helles Streiflicht auf Muraoka's »Saugphänomen«. Denn, wenn es Kartons gibt, die direkt auf die Platte einwirken und hier bei einiger Berührung Schwärzung hervorrufen, so liegt der Verdacht nahe, daß bei den Versuchen Muraoka's, insbesondere bei seinem Saugphänomen, der jeweilig verwendete Karton direkt und unabhängig vom Käferlicht eine bedeutungsvolle Rolle gespielt haben dürfte. Es darf nicht außer acht gelassen werden, daß eben verschiedene Kartone sich verschieden verhalten, daß die wirksamen Kartone verschieden reagieren, je nachdem die Temperatur hoch oder niedrig ist und je nachdem die Luft, in der die Kartons liegen, feucht oder trocken ist. Bei regnerischem Wetter und günstiger Temperatur werden sie daher die Platte stark angreifen, bei trockenem Wetter und niedriger Temperatur aber viel weniger.

Wie schön Muraoka's »Saugphänomen« ohne Käferlicht, überhaupt ohne jedes Licht gelingt, einfach durch Auflegen des Kartons auf die empfindliche Schichte einer

---

[1] Vergl. darüber Colson R., Rôle de différentes formes de l'énergie dans la photographie au travers des corps opaques. Comptes rendus, T. 122, 1896, p. 598.

photographischen Platte, lehrt das Positiv in Fig. 10. Die Ausschnitte erscheinen im Negativ hell, der übrige Theil der Platte, soweit sie vom Karton bedeckt war, schwarz. Die zahlreichen unregelmäßigen, hellen Flecke bedeuten Stellen, wo der Karton nicht unmittelbar auflag. In Fig. 10, welche das Positiv darstellt, ist selbstverständlich Hell und Dunkel verkehrt.

Nach Muraoka ist auch Holz für Käferlicht durchlässig. Er sagt: »Auffallend ist die Photographie von der Holzplatte; die Stellen der Fasern sind mehr angegriffen als die weicheren Stellen, also gerade umgekehrt wie bei den Filtrationen durch Papierschichten oder durch Karton«.[1]

Nachdem ich mich überzeugt, daß gewisse Kartons und Papiere das Saugphänomen allein ohne Licht erzeugen und, da ich gefunden, daß in meinem wirksamen Karton laut mikroskopischer Untersuchung viel Holzfasern enthalten waren, so kam ich auf den Gedanken, daß Hölzer die Platte gleichfalls angreifen könnten. Der Erfolg war über jede Erwartung überraschend. Als ich auf die empfindliche Schichte einer photographischen Platte eine etwa 1 *cm* dicke Stammscheibe von Eichenholz und Buchenholz *(Fagus silvatica)*, die an ihrem Querschnitt sorgfältig geglättet waren und jahrelang in der Sammlung gelegen hatten, legte, dann das Ganze mit schwarzem Papier umwickelte und im finsteren Thermostaten bei 25 bis 33° C. 15 Stunden liegen ließ, ergab sich folgendes höchst auffallende Bild (Fig. 11): Die Stammscheiben kamen bei der Entwicklung mit allen makroskopisch sichtbaren Einzelheiten heraus: Markstrahlen, Jahresringe, Porenringe, die Grenze zwischen Holz und Rinde, all das ist im Bilde genau zu erkennen. Wie bei Kartons und Papier begünstigen Feuchtigkeit und höhere Temperatur (30°) das Phänomen in hohem Grade.

Daß es sich hier nicht um ein Nachleuchten, nicht um eine Kontaktwirkung, sondern um eine chemische Wirkung handelt, davon kann man sich leicht überzeugen, wenn man den eben geschilderten Versuch genau in der beschriebenen Weise, nur mit dem Unterschiede macht, daß man zwischen das Holz und die empfindliche Schichte eine wohlgereinigte Glasplatte (einen

[1] Muraoka H., l. c., S. 777.

Objektträger) legt. Es unterbleibt dann, soweit der Objektträger reicht, jegliche Schwärzung, das über den Objektträger vorspringende Holz wirkt aber dennoch (allerdings schwächer) auf das Bromsilber ein, obwohl das Holz die empfindliche Schichte nicht berührt. Meiner Meinung nach ist es ein aus dem Holz abdunstender flüchtiger Körper, der den Angriff auf das Bromsilber bedingt. Wenn man zu dem Holze, welches längere Zeit bei einer Temperatur von etwa 30° lag, riecht, so läßt es einen eigentümlichen, ziemlich starken Duft erkennen, ein Beweis dafür, daß das Holz flüchtige Körper aussendet. Wirken also nicht bloß Kartons und Papiere, sondern auch verschiedene Hölzer direkt in so auffallender Weise auf die photographische Platte, so wird man sich den Versuchen Muraoka's gegenüber sehr skeptisch verhalten müssen, und ich neige zur Ansicht, daß das Käferlicht bei dem Saugphänomen gar nicht beteiligt war, sondern daß dieses ohne Licht durch direkte chemische Einwirkung der auf der Platte liegenden Gegenstände hervorgerufen wird, wodurch die so überaus merkwürdigen und den Physikern so ganz unverständlichen Befunde des japanischen Autors eine einfache Erklärung finden. Muraoka's Versuche müßten von neuem unter Ausschluß der von mir aufgedekten Karton- und Holzwirkung ausgeführt werden und, wenn sie dann auch die ursprünglichen Resultate geben sollten, was ich aber bezweifeln möchte, dann erst könnte man sich zu seiner Ansicht bekehren, daß filtriertes Käferlicht besondere Eigenschaft aufweise.

Vielleicht war Muraoka seiner Sache selbst nicht ganz sicher, da er mit Rücksicht auf die relativ kurze Johanniskäferzeit gleich am Beginne seiner Abhandlung die Bemerkung macht: »Die Versuche konnten daher nicht systematisch genug ausgeführt und nicht oft genug wiederholt werden, um Schlüsse mit Sicherheit daraus zu ziehen«.

Hinzufügen möchte ich noch, daß er bei seinen Experimenten 300 bis 1000 Käfer verwendete, die zwischen den Versuchen, also wenn sie nicht gebraucht werden, um sie frisch zu erhalten, mit Wasser bespritzt werden. So viele Käfer werden dann während des Experimentes durch Transpiration in einem kleinen Kistchen gewiß einen sehr feuchten Raum

erzeugt haben. Erwägt man ferner, daß die Versuche zur Johanniskäferzeit in Japan gemacht worden sind, so waren jene beiden Faktoren, Wärme und Feuchtigkeit, von welchen wir nachwiesen, daß sie die chemische Wirkung des Kartons auf die photographische Platte in hohem Grade begünstigen, gegeben und damit auch die Bedingungen für das Saugphänomen (ohne Licht!) realisiert. Kontrollversuche ohne Käferlicht scheint Muraoka überhaupt nicht ausgeführt zu haben, wenigstens findet sich in der ganzen Abhandlung keine Bemerkung darüber.

5. Zusammenfassung der wichtigsten Resultate.

1. Mit Hilfe eines Unars aus der Werkstätte von C. Zeiss gelang es, leuchtende Kolonien von *Micrococcus phosphoreus* in relativ kurzer Zeit, schon nach 5 Minuten, in ihrem Eigenlichte zu photographieren. Exponiert man mehrere Stunden, so erhält man sehr scharfe Bilder, wobei nicht bloß die Kolonien, sondern auch die Begrenzungslinien der Kulturgefäße im Bilde auftreten.

Die junge Kolonie erscheint im natürlichen Zustande dem Auge längs ihrer ganzen Fläche gleichmäßig leuchtend. Bei relativ kurzer Expositionszeit sehen die Kolonien im photographischen Bilde aber wie leuchtende Ringe aus, ein Beweis, daß die Kolonie an ihrer Peripherie, wo das Wachstum und die Vermehrung der Bakterien sich ungemein intensiv vollziehen, stärker leuchtet als im Zentrum.

Hervorgehoben sei, daß bei direktem Auflegen einer leuchtenden Strichkultur schon eine Sekunde Belichtung genügt, um eine Schwärzung der Platte hervorzurufen.

2. Um Gegenstände im Bakterienlichte zu photographieren, wurde als Lichtquelle eine einfache »Bakterienlampe« verwendet. Dieselbe besteht aus einem großen Erlenmeyerkolben von 1 bis 2 *l* Volum, dessen ganze Innenwand bis zum Baumwollpfropf hinauf mit sterilisierter, erstarrter Salzpeptongelatine ausgekleidet ist, die aber vor dem Erstarren mit *Micrococcus phosphoreus* geimpft wurde. Schon 2 Tage nach der Impfung leuchtet der Kolben infolge der zahllosen, sich entwickelnden

Kolonien längs seiner ganzen Innenwand in wunderschönem bläulichgrünem Lichte und bietet mit seinem ruhigen, matten Schimmer einen geradezu magischen Anblick.

Diese lebende Lampe hat die ausgezeichnete Eigenschaft, bei etwa 10° C. durch 14 Tage andauernd, relativ intensiv und später mit abnehmender Helligkeit zu leuchten. Ihr Licht gestattet, die Taschenuhr, das Thermometer abzulesen, groben Druck zu entziffern, das Gesicht einer Person auf 1 bis 2 *m* zu erkennen. Als die Lampe in finsterer Nacht in einem Garten auf ihre Helligkeit geprüft wurde, konnte ihr Licht noch auf 64 Schritte deutlich wahrgenommen werden. Die große Billigkeit einer solchen Lampe, ihre lange, ununterbrochene Leuchtdauer, ihre Geruchlosigkeit und die Gefahrlosigkeit dieses kalten Lichtes führen auf den Gedanken, daß das Bakterienlicht einmal auch eine praktische Bedeutung gewinnen wird. Die Helligkeit der beschriebenen Lampe dürfte jetzt schon genügen, um sie als Wegweiser in Bergwerken, Pulvermagazinen und als Lockmittel beim Fischfang zu benützen.

3. Mit der Schaffung dieser Lampe als Lichtquelle war die Möglichkeit gegeben, in bequemer Weise verschiedene Gegenstände darin zu photographieren. Als Beweis hiefür enthält die Arbeit die Photographie einer Schiller-Büste, eines Thermometers und eines Buchdruckes.

4. Von R. Dubois wurde behauptet, daß das Bakterienlicht undurchsichtige Körper wie z. B. Holz, Karton etc. zu durchdringen und durch diese hindurch auf die photographische Platte zu wirken vermöge. Genaue, unter verschiedenen Vorsichtsmaßregeln mit *Micrococcus phosphoreus* durchgeführte Versuche haben die Unrichtigkeit dieser Behauptung dargetan. Es hat sich nämlich herausgestellt, daß gewisse Kartons, Papiere, Hölzer etc. ganz unabhängig vom Lichte, einfach durch direktes Auflegen auf die photographische Platte, die empfindliche Schichte in hohem Grade chemisch beeinflussen können, zumal bei günstiger Temperatur und Gegenwart von Feuchtigkeit.

Auf diese Weise lassen sich beispielsweise von Hölzern ohne Licht so scharfe Bilder herstellen, daß

man am entwickelten Negativ die Jahresringe, Porenringe, Markstrahlen und die Grenze zwischen Holz und Rinde deutlich wahrnehmen kann.

5. Nach Muraoka sollen die Lichtstrahlen des natürlichen Johanniskäferlichtes, wenn sie durch Karton, Papier und Kupferplatten filtriert werden, ähnliche Eigenschaften wie die Röntgen- oder wie die Becquerelstrahlen erhalten. Die Versuche des Verfassers machen es jedoch im höchsten Grade wahrscheinlich, daß sich der japanische Physiker durch die ihm unbekannte Eigenschaft der Kartons, Hölzer etc., direkt auf die photographische Platte zu wirken, täuschen ließ. Das von Muraoka beobachtete »Saugphänomen« konnte mit aller nur wünschenswerten Deutlichkeit ohne jede Spur von Licht erhalten werden durch die direkte chemische Einwirkung des Kartons und anderer Körper auf die photographische Platte.

Bakterienlicht wirkt also wie gewöhnliches Licht auf die empfindliche Schichte und enthält, soweit wir dies heute beurteilen können, keine besonderen, durch undurchsichtige Körper gehenden, photographisch wirksamen Strahlen. Dasselbe dürfte vom Johanniskäferlicht gelten.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. Photographie leuchtender Kolonien von *Micrococcus phosphoreus* in ihrem eigenen Lichte. Die Kolonien waren sechs Tage alt, befanden sich in einer Petrischale, die mit einer planen Glasscheibe bedeckt war. Expositionszeit 15 Stunden.

Fig. 2. Dieselbe Photographie nach dreistündiger Expositionszeit.

Fig. 3. Mikrophotographie von einer leuchtenden, zehn Tage alten Kolonie von *Micrococcus phosphoreus*. Expositionszeit vier Stunden. Der Rand leuchtet stärker als das Innere.

Fig. 4. Photographie einer Strichkultur von *Micrococcus phosphoreus* im Eigenlichte.

Fig. 5. Bakterienlampe, in ihrem eigenen Lichte photographiert.

Fig. 6. Photographie einer Schillerbüste im Bakterienlichte.

Fig. 7. Photographie eines Thermometers im Bakterienlichte.

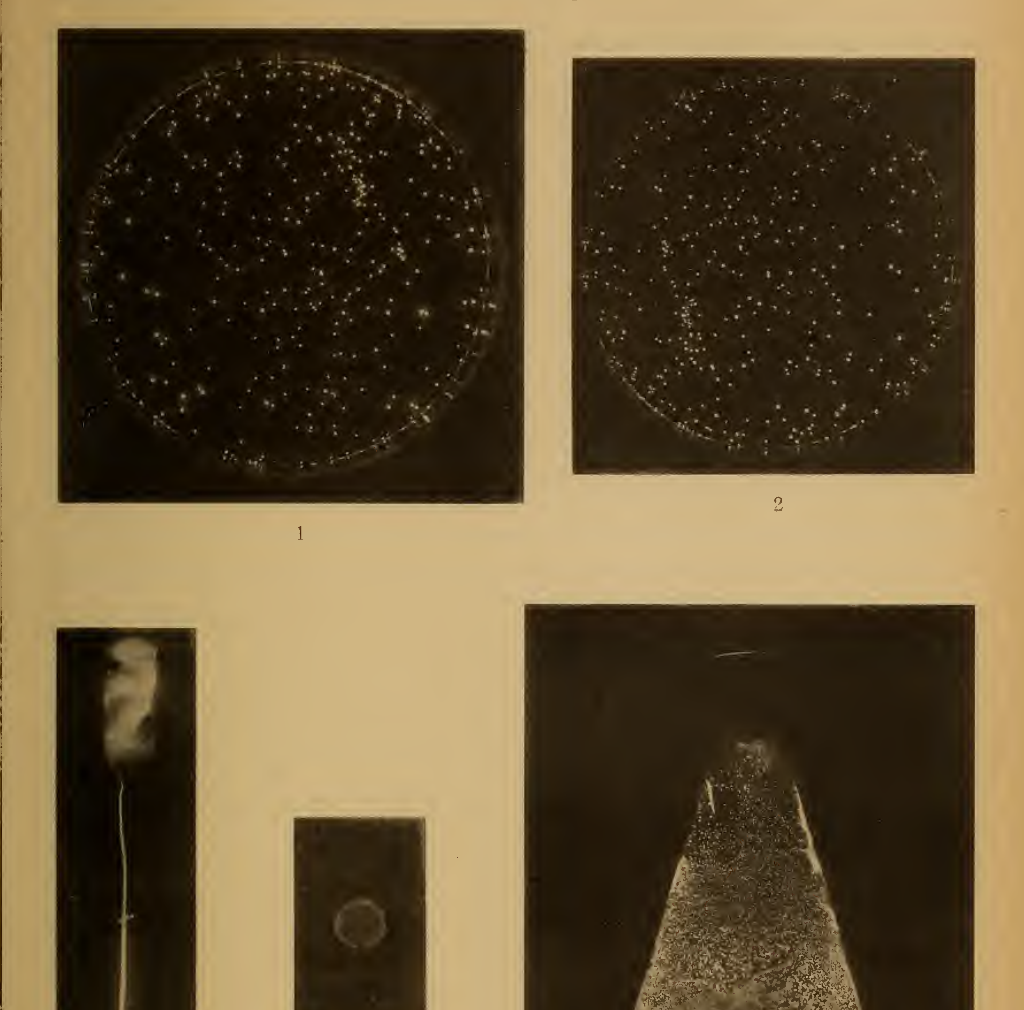
Fig. 8. Photographie einer Buchdruckprobe im Bakterienlichte.

Fig. 9. Sechs photographische Bilder, hervorgerufen durch Bakterienlicht nach 60, 30, 10, 5, 3 und 1 Sekunde Belichtung.

Fig. 10. Positivbild, einfach erhalten durch Auflegen eines gelbbraunen Kartons mit drei kreisförmigen Ausschnitten auf eine photographische Platte und nachheriger Entwickelung.

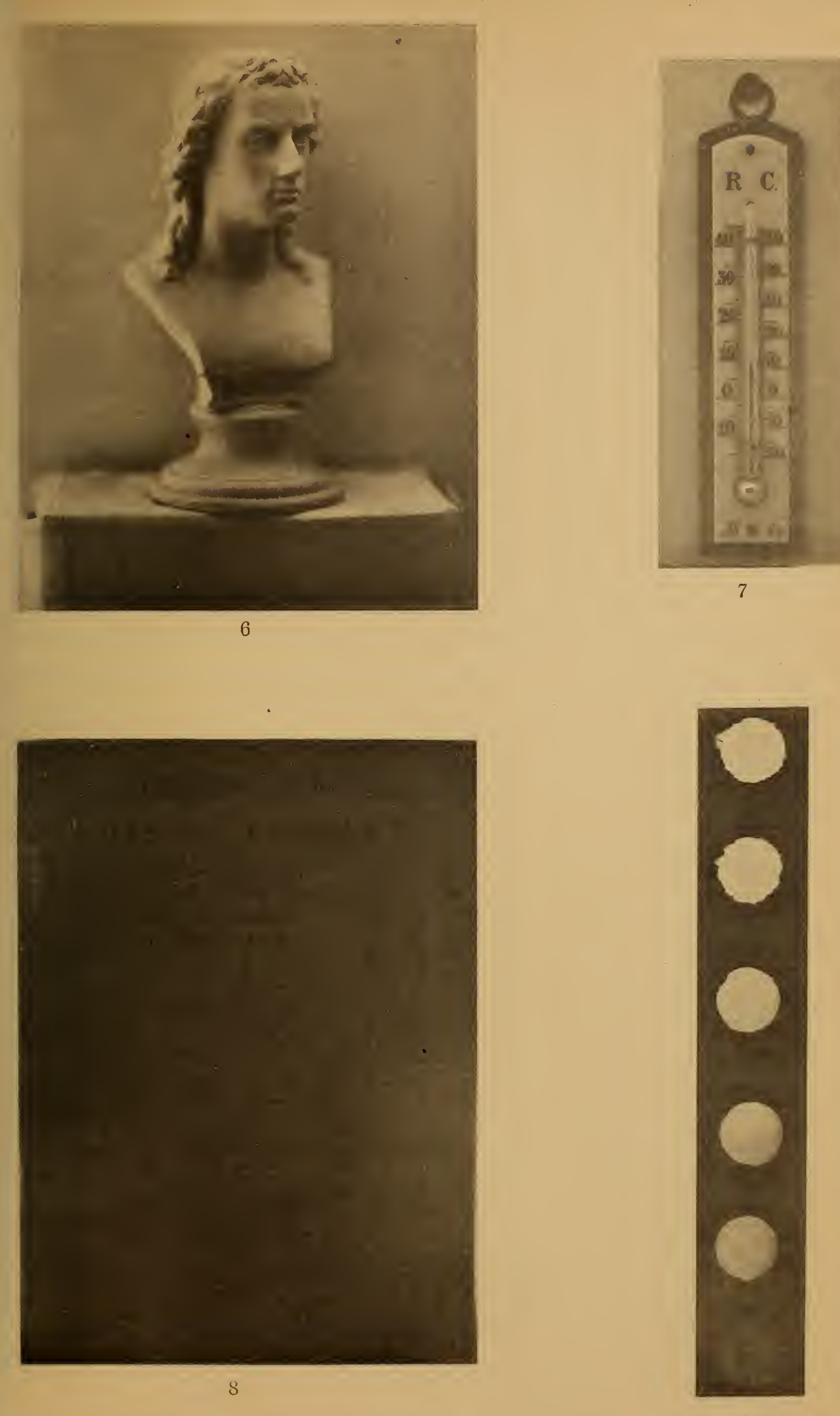
Fig. 11. Positivbilder, einfach erhalten durch Auflegen von Querscheiben von Hölzern (Eiche und Buche) auf eine photographische Platte und nachheriger Entwickelung.

H. Molisch: Bakterienlicht und photographische Platte. Tafel I.



1 2 3 4 5

Lichtdruck der k. k. Hof- und Staatsdruckerei.



6

7

8

9

Lichtdruck der k. k. Hof- und Staatsdruckerei.



10



11

Lichtdruck der k. k. Hof- und Staatsdruckerei.